

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 58-032417
 (43)Date of publication of application : 25.02.1983

(51)Int.Cl.

H01L 21/30

(21)Application number : 56-130187
 (22)Date of filing : 21.08.1981

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD
 (72)Inventor : HIRAO TAKASHI
 MORI KOSHIRO
 KITAGAWA MASATOSHI
 ISHIHARA SHINICHIRO

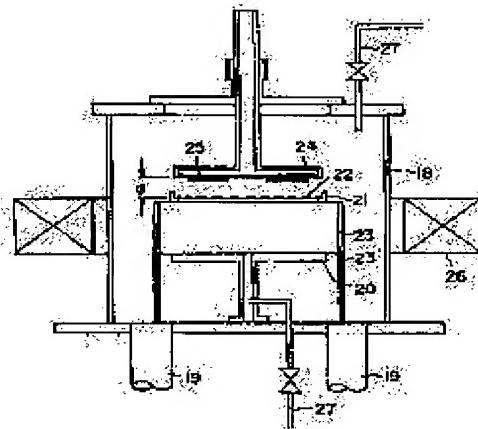
(54) METHOD AND APPARATUS FOR PLASMA ETCHING

(57)Abstract:

PURPOSE: To carry out a highly accurate processing, by a method wherein a gas is introduced into a vacuum container, and a magnetic field is overlapped with the electric field between electrodes to induce plasma, and then a part of the plasma particles is employed to etch a substrate or thin film disposed in the gap between the electrodes.

CONSTITUTION: A stainless steel container 1 is evacuated 19, and an etching gas is introduced 27 thereinto. An Al plate 20 (made to float, if necessary) as one of parallel electrodes, a cylindrical Al parallel plate electrode 21 supporting a mesh electrode 22, and another cylindrical anode electrode 23 are supported by a quartz cylinder 23'. A sample 25 is supported by a holder 24 which can be cooled. The holder 24 can be set at a desired potential and has a variable distance (d) from the electrode 22 and moreover is supplied with a magnetic field by means of an electromagnet 26. In a high-vacuum region, e.g., 5×10^{-3} Torr, the electrode 23 is taken as an anode, while the electrodes 20, 21 and the holder 24 are grounded, and the distance (d) and the gas flow rate are properly selected.

Thereby, the total current from the anode and the substrate-ground current largely change in accordance with the magnetic field intensity. Accordingly, it is possible to select anisotropic and isotropic etchings with a small gas flow rate. In addition, selection of the voltage applied between the electrodes permits the kinetic energy of ions to be set at will.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of

rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

⑯ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭58—32417

⑬ Int. Cl.³
H 01 L 21/30

識別記号

府内整理番号
7131—5F

⑭ 公開 昭和58年(1983)2月25日

発明の数 2
審査請求 未請求

(全 6 頁)

⑮ プラズマエッティング装置及びプラズマエッティング方法

⑯ 発明者 器産業株式会社内
北川雅俊

⑰ 特願 昭56—130187

門真市大字門真1006番地松下電器産業株式会社内

⑱ 出願 昭56(1981)8月21日

石原伸一郎

⑲ 発明者 平尾孝

門真市大字門真1006番地松下電器産業株式会社内

⑳ 発明者 森幸四郎

松下電器産業株式会社

門真市大字門真1006番地松下電器産業株式会社内

門真市大字門真1006番地

門真市大字門真1006番地松下電

弁理士 星野恒司

明細書

1. 発明の名称

プラズマエッティング装置及びプラズマエッティング方法。

2. 特許請求の範囲

(1) 容器内の圧力を減圧状態にする為の排気手段と、該容器中にガスを導入する手段と該容器内に配置された複数の電極を備え、該電極間に印加した電界及び前記容器外成いは内部に設置された磁界発生器による磁界を励起源として前記電極間に放電プラズマを誘起させ、前記電極間に生じたプラズマ粒子の一部により前記電極間隙外に設置した基板ホルダー上の基板成いは基板上の薄膜をエッティングすることを特徴とするプラズマエッティング装置。

(2) 複数の電極が平行電極及び該電極面に垂直及び平行な電界成分を与える他の電極(陽極電極)と、前記平行電極面に垂直な磁界を与える磁界発生器を有することを特徴とする特許請求の範囲第(1)項記載のプラズマエッティング装置。

(3) 平行陰極電極に同じ電位を与え、他の電極に正電位を与えることを特徴とする特許請求の範囲第(1)項記載のプラズマエッティング装置。

(4) 平行陰極電極に電位差を与え、且つ他の電極に正の電位を与えることを特徴とする特許請求の範囲第(1)項記載のプラズマエッティング装置。

(5) 減圧状態にした容器内に、平行陰極電極及び該陰極電極面に対し垂直及び平行な電界成分を与える他の陽極電極を配し、これら電極間に電圧を与えて原料ガスを供給しながら、前記平行陰極面に垂直な磁場を印加させて該電極間に放電プラズマを誘起し、該プラズマ粒子を前記電極間外に置かれた基板に導きエッティングすることを特徴とするプラズマエッティング方法。

(6) 平行陰極電極の少なくとも一方は開孔を有する電極であり、かつ該平行陰極電極に接地電位もしくは負の直流電位を与え、他の陽極に正電位を与えることを特徴とする特許請求の範囲第(5)項記載のプラズマエッティング方法。

3. 発明の詳細な説明

本発明は、比較的高真空領域で基板例えばシリコン或いは金属、半導体、絶縁体基板上薄膜の新規なドライエッティング装置ならびにドライエッティング方法を提供することを目的とする。

近年、特に半導体集積回路の高密度化につれパターン寸法が小さくなってきた。それに伴ない基板例えばシリコン或いは金属、半導体及び絶縁体等薄膜のエッティングとして化学薬品を用いたウエットエッティングに代りドライエッティング法が主流となってきた。ドライエッティング法として1)高周波を用いたプラズマエッティング法、2)高周波を用いたリアクティブエッティング法、3)有磁場マイクロ波プラズマエッティング法、4)アルゴン等のイオンビームによるイオンエッティング法がある。1)のプラズマエッティング法としては装置として種々の形式のものがあり、被エッティング材料も多結晶Si、SiO₂、Si₃N₄、PSG或いはAl等多岐に亘る。しかしプラズマ内の反応に寄与する活性種（中性ラジカル）は放電が行なわれる真空域（～1 Torr）で

ランダム・モーションとなる為、一般的には等方性エッティングとなって所謂サイドエッティングが発生、微細パターンの加工精度は限界がある。一方3)のエッティング法で磁場中の電子のサイクロトロン運動とマイクロ波との共鳴現象を用い低い放電ガス圧力でも、プラズマ密度を低下させることなくしかもイオンエネルギーは低い状態でエッティングできるようにしたもので、垂直エッティングが可能となったことが発表されている。しかしこの方法では装置構成が複雑で装置自体の価格も高い。4)はアルゴンイオン等を加速してその衝撃によってスペッタリングさせて、サイドエッティングの少ないエッティングを行なう方法で材料によるエッティング速度の差即ち選択比が大きくなる。又エッティング速度が小さくイオン衝撃による素子の損傷も大きい。2)は微小パターンの加工法として有力視されているドライエッティング技術で、平行平板電極を用いそれに高周波を印加して電極間にプラズマを誘起し平行電極上に置いた試料を加工する。

第1図は平行平板形電極構造のドライエッティ

ング装置の概略図である。1は下部電極でこの電極は5、6で示す水冷管により水冷されている。3はこの電極1上に置かれた試料である。4は13.56 MHzの高周波電源で上部電極2及び下部電極1の間に印加され、電極間にプラズマを誘起する。9はエッティングガスの導入管で7、8は排気管である。本ドライエッティング法は従来のガスプラズマエッティング法と比べるとガス圧力が低く、所謂ラジカルによる等方的エッティングに加え、イオン衝撃によるスペッタエッティング的因素も加味されている為、方向性エッティングが行なわれ得る。このため超ESRの高精度な微細加工の有力な手段として活発な研究開発がなされている。しかしながら陰極近傍に形成されるイオンシース内で加速されるイオン衝撃による損傷を試料に与える事、しかもこのイオンエネルギーの大きさはなかなか同定し難く又その割合が難かしい等難点があり、又特にAlに対して充分なスループットを得るためにエッティングに用いる塩素系化合物ガスの流量を大きくする必要があり、装置のメインティナンス上

大きな問題になっている。イオン衝撃による損傷の低減のため第2図に示しているように、カソード近傍に第3番目の電極を設けたドライエッティング装置を用いて、セルフバイアスの低減化をはかる方法が提案されている。第2図10は容器で11は該容器を真空に排氣するための真空システムに連なる排気口である。12はガス導入管で、13、14はそれぞれ従来の二極型ドライエッティング装置のカソード及びアノードである。試料17は水冷されたカソード電極上に置かれ、近接して第3番目の電極15が設けられ、その電極には多数の穴が設けられておりカソード電極とはアルミナの絶縁ガッシュ16で間隔を保っている。電極15は浮遊電位になっていて高周波電源は1356 MHzでカソードに印加されている。本方法により従来の二極型よりも加工精度がすぐれダメージの量が減少することが明らかにされた。しかしながら使用ガス例えばCCl₄等塩素を含むガスの流量は従来例と変わらないし、スループットも増加しない。又セルフバイアスは外部入力、その他エッティングパ

ラメータに依存して二次的に決まり、設定条件が制限されたものになってしまふ等の大きな欠点がある。

本発明は、上記欠点を克服する全く新規な高精度加工可能なドライエッティング装置及びドライエッティング方法を提供するものであり放電プラズマとしては所謂 PIG 放電をエッティングに適用するものである。その構成原理を第3図に従って述べることにする。第3図18はステンレス容器、19は該ステンレス容器内を真空にする為の排気口、27はエッティングガスの導入管、20は一方の平行電極で例えればステンレス円板或いはアルミニウム円板である。又本電極は必要に応じて電気的に浮かせるようになっている。21は平行電極で他の電極となるメッシュ状電極22を支える円筒状のアルミニウム或いはステンレスで形成されている。もちろんこの部分は多数の穴を有する円板であつてもよい。23は例えれば円筒状或いは中空の内板で他の陽極電極となるもので、図には円筒状の電極の場合が示されている。23'は該電極を支

える絶縁材料で例えば石英の円筒である。24は冷却可能な試料25を保持するためのホルダーで、電気的に任意の電位に設定できるようになっている。又メッシュ状電極22と該試料ホルダー24との距離 d は可変である。26は前記容器18外におかれた電磁石である。第3図に於いて真空用Oリング等は図面の簡略化のため省略してある。第4図は大型の放電装置に関する構成実施例で、以下その幾何学的寸法と放電実施例について述べる。28は直径400mmのガラスベルジャーで、29は6インチの拡散ポンプ及び油回転ポンプにつながる排気口である。30はガス導入系で、本実施例では平行陰極電極31を支えるパイプ状金属31'内にガスを送り込み放電空間に供給されるようになっている。31'は陰極電極31に設けた開孔である。陰極電極31は直径220mmのアルミニウム製とした。32は凹状の金属で、他方の平行陰極となるべき開口を有する金属電極33(例えれば本実施例ではメッシュ状金属)を保持し一体となつて他方の平行陰極電極を構成する。凹状の

下部の円形部は直径220mmで開孔は200mmとした。該凹状金属32上にステンレス製メッシュ状金属を置いている。又該陰極間距離は5mmとした。34は外径240mm、内径230mm、高さ100mmの円筒状陽極電極でアルミニウムを用いている。35は基板36を保持するホルダーで基板36を冷却する機構を有している。本実施例では水冷とした。37はベルジャーの外部に設けられた電磁石で、それによって生ずる磁束の方向は前記平行陰極面に垂直方向である。 N_2 ガスを導入管30を通じて放電空間に流し、ゲートバルブ38の開きを調節して圧力を $10^0 \sim 10^{-4}$ Torr の範囲に調節する。例えば基板電極とメッシュ電極間距離を約10mmとし圧力を0.005 Torrに設定したときの例について説明する。陽極電極34に450V、陰極電極を接地電位とし、磁場強度を約100Gとしたとき、前記電極間に非常に均一な放電プラズマが生じ全電流として80mAであった。これは電力密度と片方の電極面積である $0.06 W/cm^2$ に対応する(片方のメッシュ状電極上

に接して金属プレートを開いたとき)。次に金属プレートを除外し第4図の構成で陽極電極、陰極電極間電流100mAとし、基板電極、グランド間に約6.8 k Ω 挿入したとき基板電極、グランド間に約10mAの電流が流れた。この時基板、グランド間に陽極電圧の約1/2の電圧が生ずることが判った。基板-グランド間電圧及び電流はその間の抵抗値を変えることによってかなりコントロールすることができる。従つてプラズマ中の荷電粒子が基板に飛び込むときのエネルギーをコントロールできることになる。一般的にエッティング速度は陽極電圧、基板-グラウンド間の抵抗値等により任意にえられる。又陽極電極から流れ出る全電流及び基板-グラウンド電流は特に0.005 Torrのようないくつかの高真空域で磁場強度によって大きく変化する。例えば磁場50 Gaussで50mAが、100 Gaussで80mAとなる。今迄の例では陽極電極に正電圧を印加し、陰極電極を接地電位にしたが、陽極電極に正電位を又陰極電極に負電位を与え、該電極間に放電プラズマを誘起し、かつ基板を接地載い

は正成いは負の電位を与えることによって基板上に薄膜を堆積させる事も可能であることは言うまでもない。例えば陽極電圧 +200 V で陰極電圧 -250 V とほぼ同様な放電が得られ、プラズマ基板間電位差はこの電位の与え方で自由又前記平行陰極電極は同電位でなく直流の電位差を与えることにより、基板上への粒子の運動エネルギーを容易にコントロールすることができる。メッシュ状金属上に接して金属板を置き、例えばメッシュ状金属に対し +100 V の電位を与えた後を接地し、陽極電圧として +450 V、磁場 100 G、真空中度 0.005 Torr の下で放電を観察すると非対称的な放電を生じ、前記陰極電圧値により該陰極直下のイオンシースの幅も自由にコントロールされることが明らかになった。

以上の例では、開口を有する電極例えばメッシュ状金属を一方の電極として用い、それに対向して基板が置かれている場合の構成を実施例及び放電実験例について述べたが両方を開口を有する金属電極とし、それらに対向して基板ホルダーを有

する場合を第 5 図に示す。第 5 図において 3 9 は例えばステンレス製の真空容器で、4 0 は拡散ポンプ 40' 及び油回転ポンプ 40'' に連なる真空容器 3 9 の排気口である。4 1 及び 4 2 はメッシュ状電極、4 3 は例えば円筒状陽極電極で、4 4 は外部電磁石である。該電極間にガス導入管 5 1 により所要のガスを導入し電極間で放電プラズマを生成し、前記メッシュ状電極 4 1, 4 2 に対向した基板ホルダー 4 5 及び 4 6 上に置かれた基板 4 7 にプラズマ粒子を導きエッティングする。このように両メッシュ状電極に対向して両側に基板を設置できる為、従来例に比べて二倍程度の堆積処理能力を有することが可能となる。5 0 は前記電極間に生じた放電プラズマ状態を観察する為の窓である。又 4 8 及び 4 9 はゲートバルブ、5 1 はペローズで前記ゲートバルブと一体となり放電空間の真空を破ることなく基板ホルダー 4 5, 4 6 を大気中に取り出し、基板をかけかえするための機構を構成する。

本発明を基板或いは基板上の薄膜の微細加工に

応用する場合についてその効果について述べる。

第 3 図に示す装置を用い多結晶のエッティングレイトを調べる実験を行なった。用いたガスは C₃F₈ で圧力は 5×10^{-3} Torr で陽極電極 2 3 に例えれば +500 V、陰極電極 2 0 及び 2 1 を接地電位、基板ホルダー 2 4 を接地電位とし陰極電極 2 1 及び基板ホルダー 2 4 の間隔を 20 mm、ガス流量を 30 SCCM、陽極電流として 80 mA (電力密度としては一方の電極あたり 0.1 W/cm^2) としたときには 5000 Å/min のエッティングレイトが得られた。このデータをもとにレジストをマスクにして 1 μm 幅の多結晶 Si (厚さ 0.4 μm) 形成実験を行なった所ほぼボジ型レジストパターンに忠実な幅に加工できることができた。又この時レジストはエッティング用マスクとして十分耐え得ることが明らかになった。本発明は多結晶 Si のエッティングにとどまらず半導体集積回路を構成する他の薄膜例えば SiO₂ 膜、PSG 膜、アルミニウム膜のドライエッティングに適した技術である。アルミニウムをエッティングする場合、ガスとしては塩素化合物例えば

CCl₄ とか BC₁₃ が使われる。

どの場合エッティング時のガス流量の多少は装置の保守上も極めて重大な問題である。本発明によるとガス流量は従来法に比べ大幅に少なくて済む為この点からみても非常に有効と考えられる。又一般に金属配線例えはアルミニウムは凹凸の多いところに形成されるため方向性エッティングの強い方式では段差部の所でエッティングされずに残る可能性がある。しかし本方式によるとエネルギー・カカルコントロール以外に条件次第で方向性、等方性エッティングの両方が可能であり、又、電極間の電圧を変える事によりイオンの運動エネルギーを任意に設定できる等従来方式では成し得なかつた領域に於けるドライエッティングを可能ならしめた本発明は半導体集積回路、半導体素子その他高精度を微細加工を要する分野のアバイスの開発・製造にきわめて大きなインパクトを与えるものである。

4. 図面の簡単な説明

第 1 図は、従来の 2 極型リアクティブエッテン

グ装置、

第2図は改良されたリアクティブエッティング装置、

第3図は本発明の基本構成概念図、

第4図は放電実験に用いた装置構成例、

第5図は平行陰極の両方に基板を置く例を示す図である。

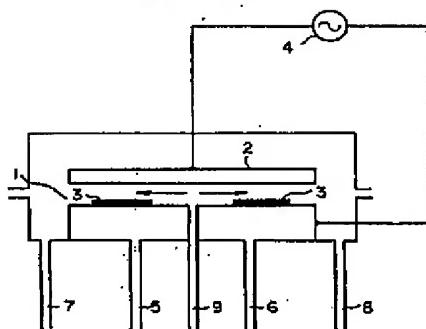
1…下部電極、2…上部電極、3…被エッティング試料、4…高周波電源、5, 6…水冷管、7, 8…排気管、9…ガス導入管、10…真空容器、11…排気口、12…ガス導入管、13…カソード、14…アノード、15…電極、16…絶縁ガイン(アルミナ)、17…試料、18…真空容器、19…排気口、20…平行電極の一方、21…他の平行電極(例えばメッシュ状電極のホルダー)、22…メッシュ状電極、23…円筒状電極、23'…電極23を保持する為の石英円筒、24…ホルダー、25…試料、26…電磁石、27…ガス導入管、28…ガラスペルジャー、29…排気口、30…ガス導入管、31…平行陰極電極、31'…

パイプ状金属、31'…平行陰極電極31に設けた開口、32…他方の平行陰極電極、33…メッシュ状電極、34…陽極電極、35…基板ホルダー、36…基板、37…外部電磁石、38…バルブ、39…真空容器、40…排気口、40'…拡散ポンプ、40''…油回転ポンプ、41, 42…メッシュ状電極、43…陽極電極、44…外部電磁石、45, 46…基板ホルダー、47…被エッティング試料、48, 49…ゲートバルブ、50…放電のぞき窓、51…ベローズ。

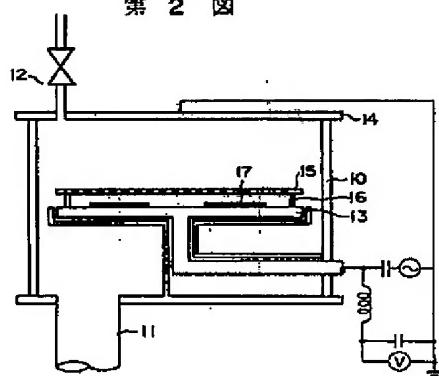
特許出願人 松下電器産業株式会社

代理人 星野恒司

第1図

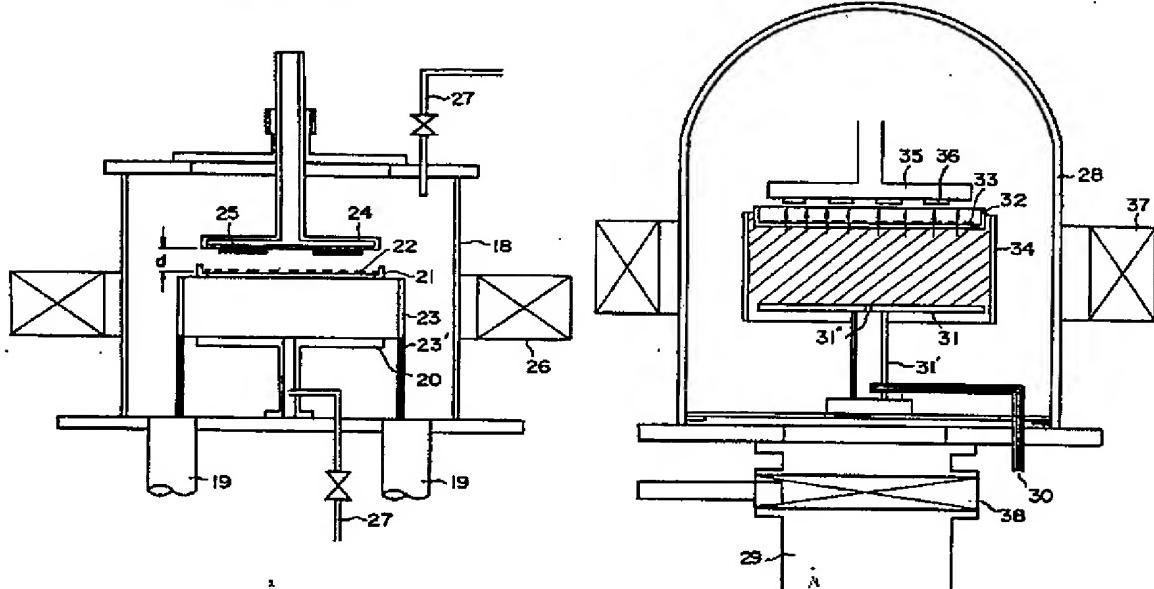


第2図

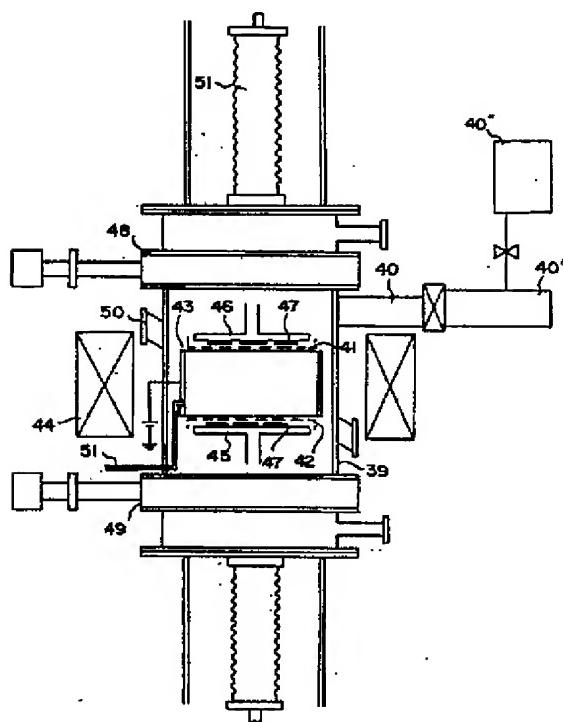


第 4 回

第 3 回



第 5 圖



昭 63. 12. 8 発行

特許法第17条の2の規定による補正の掲載

昭和 56 年特許願第 130187 号(特開 昭 58-32417 号、昭和 58 年 2 月 25 日発行 公開特許公報 58-325 号掲載)については特許法第17条の2の規定による補正があつたので下記のとおり掲載する。 (2)

Int. C.I.	識別記号	庁内整理番号
H01L 21/30.		7376-5F

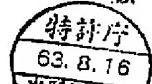
手 本部 特許庁 (自発)

昭和 63 年 8 月 16 日

特許庁長官 吉 田 文 駿 城

1. 事件の表示 特願昭 56-130187 号
2. 発明の名称 プラズマエッティング装置及び
プラズマエッティング方法
3. 補正をする者 特許出願人
事件との関係 大阪府門真市大字門真1006番地
住所 (582) 松下電機産業株式会社
名稱 代表者 谷井昭雄
4. 代理人 住 所 東京都港区西新橋3丁目3番3号
ベリカンビル 6階
氏 名 (6641) 弁理士 星野恒司
電話 03(431) 8111番(代表)
5. 補正により増加する発明の数 0
6. 補正の対象 明細書全文
7. 補正の内容 明細書を別紙全文訂正明細書の通り
訂正する。

上



全 文 訂 正 明 細 書

1. 発明の名称 プラズマエッティング装置及び
プラズマエッティング方法

2. 特許請求の範囲

(1) 容器内の圧力を減圧状態にする為の排気手段と、該容器中にガスを導入する手段と該容器内に配置された複数の電極を備え、前記複数の電極間に印加した電界及び前記容器外或いは内部に設置された磁界発生器による磁界を盛起源として前記複数の電極間に放電プラズマを誘起させ、前記複数の電極間に生じたプラズマ粒子の一部により前記複数の電極間隙外に設置した基板ホルダー上の基板或いは基板上の薄膜をエッティングすることを特徴とするプラズマエッティング装置。

(2) 複数の電極が一对の平行陰極電極及び前記一对の平行陰極電極間に垂直及び平行な電界成分を与える陽極電極と、前記一对の平行陰極電極間に垂直な磁界を与える磁界発生器を有することを特徴とする特許請求の範囲第(1)項記載のプラズ

マエッティング装置。

(3) 一对の平行陰極電極に同じ電位を与え、陽極電極に正電位を与えることを特徴とする特許請求の範囲第(2)項記載のプラズマエッティング装置。

(4) 平行陰極電極に電位差を与え、陽極電極に正の電位を与えることを特徴とする特許請求の範囲第(2)項記載のプラズマエッティング装置。

(5) 基板ホルダーの電位を制御することを特徴とする特許請求の範囲第(3)項又は第(4)項記載のプラズマエッティング装置。

(6) 減圧状態にした容器内に、前記一对の平行陰極電極及び前記一对の平行陰極電極間に對し垂直及び平行な電界成分を与える陽極電極を配し、前記一对の平行陰極電極と前記陽極電極との間に電圧を与え原料ガスを供給しながら、前記一对の平行陰極電極間に垂直な磁場を印加させて前記一对の平行陰極電極と前記陽極電極との間に放電プラズマを誘起し、前記プラズマ粒子を前記一对の平行陰極電極間隙外に設かれた基板に導きエッティングすることを特徴とするプラズマエッティング方

法。

(7) 一对の平行陰極電極の少なくとも一方は開孔を有する電極であり、かつ前記一对の平行陰極電極に接地電位もしくは負の直流電位を与え、陽極電極に正電位を与えることを特徴とする特許請求の範囲第(6)項記載のプラズマエッティング方法。

(8) 基板ホルダーの電位を制御することを特徴とする特許請求の範囲第(7)項記載のプラズマエッティング方法。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、比較的高真空中で基板例えばシリコン或いは金属、半導体、絶縁体基板上薄膜の新規なドライエッティング装置ならびにドライエッティング方法を提供することを目的とする。

近年、特に半導体集積回路の高密度化につれパターン寸法が小さくなってきた。それに伴ない基板例えばシリコン或いは金属、半導体及び絶縁体等薄膜のエッティングとして化学薬品を用いたウエットエッティングに代ってドライエッティング法が主

流となってきた。ドライエッティング法として1)高周波を用いたプラズマエッティング法、2)高周波を用いたリアクティブエッティング法、3)有磁場マイクロ波プラズマエッティング法、4)アルゴン等のイオニビームによるイオンエッティング法がある。1)のプラズマエッティング法としては装置として種々の形式のものがあり、被エッティング材料も多結晶Si、SiO₂、Si₃N₄、PSG或いはAl等多岐に亘る。しかしプラズマ内の反応に寄与する活性種（中性ラジカル）は放電が行なわれる真空域（～1 Torr）でランダム・モーションとなる為、一般的には等方性エッティングとなって所謂サイドエッティングが発生。微細パターンの加工精度は限界がある。一方3)のエッティング法で磁場中の電子のサイクロトロン運動とマイクロ波との共鳴現象を用い低い放電ガス圧力でも、プラズマ密度を低下させることなくしかもイオンエネルギーは低い状態でエッティングできるようにしたもので、垂直エッティングが可能となったことが発表されている。しかしこの方法では装置構成が複雑で装置自体の

価格も高い。4)はアルゴンイオン等を加速してその衝撃によってスパッタリングさせて、サイドエッティングの少ないエッティングを行なう方法で材料によるエッティング速度の差異も選択比が大きくなり、又エッティング速度が小さくイオン衝撃による電子の損傷も大きい。2)は微小パターンの加工法として有力視されているドライエッティング技術で、平行平板電極を用いそれに高周波を印加して電極間に plasma を誘起し平行電極上に置いた試料を加工する。

第1図は平行平板形電極構造のドライエッティング装置の概略図である。1は下部電極でこの電極は5、6で示す水冷管により水冷されている。3はこの電極1上に置かれた試料である。4は13.56MHzの高周波電源で上部電極2及び下部電極1の間に印加され、電極間に plasma を誘起する。9はエッティングガスの導入管で7、8は排気管である。本ドライエッティング法は従来のガスプラズマエッティング法と比べるとガス圧力が低く、所謂ラジカルによる等方的エッティングに加え、イオン

衝撃によるスパッタエッティング的要素も加味されている為、方向性エッティングが行なわれ得る。このため超LSIの高精度な微細加工の有力な手段として活発な研究開発がなされている。しかしながら陰極近傍に形成されるイオンシース内で加速されるイオン衝撃による損傷を試料に与える事、しかもこのイオンエネルギーの大きさはなかなか固定し難く又その制御が難かしい等難点があり、又特にAlに対して充分なスループットを得るためにエッティングに用いる塩素系化合物ガスの流量を大きくする必要があり、装置のメインティナス上大きな問題になっている。イオン衝撃による損傷の軽減のため第2図に示しているように、カソード近傍に第3番目の電極を設けたドライエッティング装置を用いて、セルフバイアスの低減化をはかる方法が提案されている。第2図10は容器で11は該容器を真空に排氣するための真空システムに連なる排気口である。12はガス導入管で、13、14はそれぞれ従来の二極型ドライエッティング装置のカソード及びアノードである。試料17は水冷さ

れたカソード電極上に置かれ、近傍して第3番目の電極15が設けられ、その電極には多数の穴が設けられておりカソード電極とはアルミニウムの絶縁ガラス16で間隔を保っている。電極15は浮遊電位になっていて高周波電源は13.56MHzでカソードに印加されている。本方法により従来の二極型よりも加工精度がすぐれダメージの量が減少することが明らかにされた。しかしながら使用ガス例えばCCl₄等塩素を含むガスの流量は従来例と変わらないし、スループットも増加しない。又セルフバイアスは外部入力、その他のエッティングパラメータに依存して二次的に決まり、設定条件が制限されたものになってしまう。またプラズマ領域とエッティング領域とが分離できていないため試料は損傷を受ける等の大きな欠点がある。

本発明は、上記欠点を克服する全く新規な高精度加工可能なドライエッティング装置及びドライエッティング方法を提供するものであり放電プラズマとしては所謂P.I.G放電の如き従来より高真空、低流量下で高密度プラズマが発生可能な放電を工

作するものである。その構成原理例を第3図に従って述べることにする。第3図18はステンレス容器、19は該ステンレス容器内を真空中にするための排気口、27はエッティングガスの導入管、29は下部平行陰極電極で例えばステンレス円板或いはアルミニウム円板である。又本電極は必要に応じて電気的に浮かせるようになっている。21は四状の金属でメッシュ状電極22を保持し、一体となって上部平行陰極電極を構成する。四状の金属はアルミニウム或いはステンレスで形成されている。もちろんメッシュ状電極22は多数の穴を有する円板であってもよい。23は例えば円筒状或いは中空の円板で陽極電極となるもので、図には円筒状の電極の場合が示されている。23'は前記陽極電極を支える絶縁材料で例えば石英の円筒である。24は冷却可能な基板25を保持するための基板ホルダーで、電気的に任意の電位に設定できるようになっている。又メッシュ状電極22と前記基板ホルダー24との距離dは可変である。26は前記容器18外におかれた電磁石である。第3図に於いて真空

用Oリング等は画面の簡略化のため省略してある。第4図は大型の放電装置に関する構成実施例で、以下その幾何学的寸法と放電実施例について述べる。28は直徑400mmのガラスベルジャーで、29は6インチの拡散ポンプ及び油回転ポンプにつながる排気口である。30はガス導入系で、本実施例では下部平行陰極電極31を支えるパイプ状金属31'内にガスを送り込み放電空間に供給されるようになっている。31"は下部平行陰極電極31に設けた開孔である。下部平行陰極電極31は直徑220mmのアルミニウム製とした。32は四状の金属で、開口を有する金属電極33（例えば本実施例ではメッシュ状金属）を保持し一体となって上部平行陰極電極を構成する。四状の下部の円形容部は直徑220mmで開孔は200mmとした。前記四状金属32上面にステンレス製メッシュ状電極33を置いている。又前記一対の陰極間距離は5cmとした。34は外径240mm、内径230mm、高さ100mmの円筒状陽極電極でアルミニウムを用いている。35は基板36を保持する基板ホルダーで基板36を冷却する機構を

有している。本実施例では水冷とした。37はベルジャーの外部に設けられた電磁石で、それによって生ずる磁束の方向は前記一対の平行陰極面に垂直方向である。N₂ガスを導入管30を通じて放電空間に流し、ゲートバルブ38の開きを調節して圧力を10⁻⁴~10⁻⁵Torrの範囲に調節する。例えば基板ホルダーとメッシュ状電極間距離を約10mmとし圧力を0.006Torrに設定したときの例について説明する。陽極電極34に450V、前記一対の平行陰極電極および基板ホルダーを接地電位とし、磁場強度を約100Gaussとしたとき、一対の平行陰極電極と前記陽極電極34との間のみに非常に均一な放電プラズマが生じ全電流として80mAであった。これは電力密度として片方の平行陰極電極面積あたり0.05W/cm²に対応する（片方のメッシュ状電極上に接して金属プレートを置いたとき）。次に金属プレートを除外し第4図の構成で陽極電極34と一対の平行陰極電極間の電流を100mAとし、基板ホルダー35とグランド間に約6.8kΩ挿入したとき基板ホルダー35とグランド間に約10mAの電流

が流れた。この時基板ホルダー35とグランド間に陽極電圧の約1/2の電圧が生ずることが判った。基板ホルダー35と、グランド間の電圧及び電流はその間の抵抗値を変えることによってかなりコントロールすることができる。従ってプラズマ中の荷電粒子が基板に飛び込むときのエネルギーやエッティング速度をコントロールできることになる。一般的にエッティング速度は陽極電圧、基板ホルダー電圧例えば基板ホルダー35とグランド間の抵抗値等により任意にえらべる。又陽極電極から流れ出る全電流及び基板ホルダー35とグランド間の電流は約0.005Torrのような高真空間で磁場強度によって大きく変化する。例えば磁場50Gaussで全電流は50mAが、100Gaussで全電流は80mAとなる。今迄の例では陽極電極に正電圧を印加し、一对の平行陰極電極を接地電位にしたが、陽極電極に正電位を又一对の平行陰極電極に負電位を与える。該前記一对の平行陰極電極および陽極電極間に放電プラズマを誘起し、かつ基板ホルダーを接地或いは正或いは負の電位を与えたり浮遊状態にした

りして、エッティングを制御することも可能であることは言うまでもない。前記一对の平行陰極電極は同電位でなく直流の電位差を与えることにより、基板上への粒子の運動エネルギーを容易にコントロールする事もできる。メッシュ状金属上に接して金属板を置き、例えばメッシュ状金属に対し+100Vの電位を与え下部平行陰極電極を接地し、陽極電圧として+450V、磁場100Gauss、真空間0.005Torrの下で放電を観察すると非対称的な放電を生じ、前記上部平行陰極電極電圧値により上部平行陰極電極直下のイオンシースの幅も自由にコントロールされることが明らかになった。

以上の例では、開口を有する電極例えばメッシュ状金属を上部平行陰極電極として用い、それに対向して基板が置かれている場合の構成を実施例及び放電実験例について述べたが、両方を開口を有する金属電極とし、それらに対向して基板ホルダーを有する場合を第5図に示す。第5図において39は例えばステンレス製の真空容器で、40は拡散ポンプ40'及び油回転ポンプ40"に連がる真空容

器39の排気口である。41及び42はメッシュ状電極、43は例えば円筒状陽極電極で、44は外部電磁石である。前記一对のメッシュ状電極41、42と陽極電極43間にガス導入管51により所要のガスを導入しそれら電極間に放電プラズマを生成し、前記メッシュ状電極41、42に對向した基板ホルダー45及び46上に置かれた基板47にプラズマ粒子を導きエッティングする。このように両メッシュ状電極に對向して両側に基板を設置できる為、従来例に比べて二倍程度のエッティング処理能力を有することが可能となる。50は前記電極間に生じた放電プラズマ状態を観察する為の窓である。又48及び49はゲートバルブ、51はベローズで前記ゲートバルブと一体となり放電空間の真空を保つことなく基板ホルダー45、46を大気中に取り出し、基板をつけかえるための機構を構成する。

本発明を基板或いは基板上の薄膜の微細加工に応用する場合についてその効果について述べる。

第3図に示す装置を用い多結晶のエッティングレイトを調べる実験を行なった。用いたガスは

C_2F_6 で圧力は 5×10^{-3} Torrで陽極電極23に例えば+500V、一对の平行陰極電極を接地電位、基板ホルダー24を接地電位とし上部平行陰極電極及び基板ホルダー24の間隔を20mm、ガス流量を30SCCM、陽極電流として80mA(電力密度としては一方の平行陰極電極あたり $0.1\text{W}/\text{cm}^2$)としたときほぼ5000A/minのエッティングレイトが得られた。このデータをもとにレジストをマスクにして1μm幅の多結晶S1(厚さ0.4μm)形成実験を行なった所、ほぼポジ型レジストパターンに忠実な幅に加工できることがわかった。又この時レジストはエッティング用マスクとして十分耐え得ることが明らかになった。本発明は多結晶S1のエッティングにとどまらず半導体集積回路を構成する他の薄膜例えば SiO_2 膜、PSG膜、アルミニウム膜のドライエッティングに適した技術である。アルミニウムをエッティングする場合、ガスとしては塩素化合物例えば CCl_4 とか BCl_3 が使われる。

この場合エッティング時のガス流量の多少は装置の保守上も極めて重大な問題である。本発明によ

昭 63. 12. 8 発行

るとガス流量は従来法に比べ大幅に少なくできる為この点からみても非常に有効と考えられる。又一般に金属配線例えばアルミニウムは凹凸の多いところに形成されるため方向性エッティングの強い方式では段差部の所でエッティングされずに残る可能性がある。本方式による電磁界を利用した放電を用いるエッティングでは従来より高真空、低流量で高密度プラズマ粒子の発生が可能であり、又プラズマ発生領域とエッティング領域とを分離しているため試料が受ける損傷を減らすことができるさらに電極間の電圧を変える事や基板ホルダーの電位を制御する事等によりイオンの運動エネルギーを任意に設定できまた等方性エッティング、異方性エッティングの両方が可能である等従来方式では成し得なかつた領域に於けるドライエッティングを可能ならしめた本発明は半導体集積回路、半導体素子その他高精度な微細加工を要する分野のデバイスの開発・製造にきわめて大きなインパクトを与えるものである。

4. 図面の簡単な説明

第1図は従来の2種型リアクティブエッティング装置、第2図は改良されたリアクティブエッティング装置、第3図は本発明の基本構成概念図の例、第4図は放電実験に用いた装置構成例、第5図は平行陰極の両方に基板を置く例を示す図である。

- 1 … 下部電極、 2 … 上部電極、
- 3 … 被エッティング試料、 4 … 高周波電源、 5, 6 … 水冷管、 7, 8 … 排気管、 9, 12, 27, 30 … ガス導入管、 10, 18, 38 … 真空容器、 11, 19, 29, 40 … 排気口、 13 … カソード、 14 … アノード、 15 … 電極、 16 … 絶縁ガッシュ（アルミナ）、 17 … 試料、 20, 31 … 下部平行陰極電極、 21, 32 … 四状の金属（例えばメッシュ状電極のホルダー）、 22, 33, 41, 42 … メッシュ状電極、 23 … 円筒状電極、 23' … 電極23を保持する為の石英円筒、 24, 35, 45, 46 … 基板ホルダー、 25, 36 … 基板、 26 … 電磁石、 28 … ガラスペルジャー、

31' … バイプ状金属、 31" … 平行陰極電極31に設けた開口、 34, 43 … 陽極電極、 37, 44 … 外部電磁石、 38 … パルプ、 40' … 拡散ポンプ、 40" … 油回転ポンプ、 47 … 被エッティング試料、 48, 49 … ゲートバルブ、 50 … 放電のぞき窓、 51 … ベローズ。

特許出願人 松下電器産業株式会社

代理人 星野恒司